

## Epigenética: a variabilidade escondida

Caroline Marques Castro - [caroline.castro@embrapa.br](mailto:caroline.castro@embrapa.br)

Arione da Silva Pereira - [arione.pereira@embrapa.br](mailto:arione.pereira@embrapa.br)

Embrapa Clima Temperado

Com o grande avanço da genômica no final dos anos 90, resultando no sequenciamento do genoma de várias espécies, dentre estas o da batata em 2011, um universo, até então pouco conhecido, surgiu para auxiliar no entendimento de processos e mecanismos usados pelas plantas em resposta ao ambiente de cultivo. Mais de 35 mil genes codificadores de proteínas foram preditos no trabalho que revelou o genoma da batata. Dezenas de milhares de polimorfismos de nucleotídeo único, também conhecidos como SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms), foram identificados e vêm sendo usados em vários estudos, como os que buscam avaliar as relações entre diferentes clones e cultivares. A variabilidade genética, representada por estas alterações (polimorfismos), explica, em grande parte, as diferenças entre os distintos clones, seja em produtividade, aptidão de uso, resistência a um determinado patógeno, ou qualquer outra manifestação fenotípica que caracteriza uma determinada cultivar.

Se por um lado o desvendamento do genoma de várias espécies fez com que entendêssemos as diferenças entre indivíduos dentro de uma mesma espécie, através da identificação de variantes de genes ou mutações, por outro lado, uma lacuna seguiu aberta, a de como explicar que plantas geneticamente idênticas, clones, possam apresentar comportamento variável, análogo ao que ocorre em humanos, onde gêmeos idênticos têm capacidade de desenvolver doenças, características, ou até mesmo personalidades distintas. A resposta está na regulação epigenética dos genes, que nada mais é, do que o sistema de controle o qual determina quais, dos muitos genes de uma célula serão utilizados, e quais serão ignorados. A regulação epigenética consiste de marcadores químicos sobre os genes, os quais são copiados durante a replicação do DNA. Sem alterar a sequência do DNA, as alterações epigenéticas afetam a maneira como uma célula interage com o DNA fazendo com

que genes sejam ativados, ou desligados.

O biólogo britânico, Conrad Waddington, é considerado o “pai” da epigenética. Foi ele quem publicou, em 1956, um artigo mostrando que uma característica adquirida em decorrência de um estímulo ambiental pode ser herdada. O termo, que em uma tradução direta significa “acima da genética”, é a combinação de duas palavras, “epigênese” e “genética” e é a ramificação da biologia que estuda a interação causal entre genes e seus produtos. Mais recentemente, a expressão foi apropriada pelos biólogos moleculares para descrever o estudo de informações hereditárias as quais não são completamente explicadas por variações na sequência do DNA.

A matéria-prima da epigenética são sequências não codificadas. Em 1975 foi publicado o primeiro estudo com evidências de que a adição de produtos químicos do grupo metila ao DNA poderia inativar genes na célula, enquanto que, por outro lado, ao adicionar produtos que destruíssem grupos metila, estes genes eram novamente acionados. Atualmente, três mecanismos epigenéticos são descritos: metilação do DNA, modificações das histonas e interferência por RNA (RNAi). Estes mecanismos afetam a atividade transcricional da cromatina (complexo de DNA e proteínas no núcleo celular). Uma vez que a cromatina pode ser propagada através de divisões mitóticas e meióticas, os mecanismos epigenéticos são considerados os provedores da “memória celular”.

A herança mitótica da informação epigenética corresponde à memória da condição da expressão gênica imposta durante o desenvolvimento da planta. São modificações que são recompostas a cada geração. Como exemplo, alterações que ocorrem em genes que apresentam padrões de metilação distintos no endosperma e nos gametas. Tais alterações resultam em uma expressão alélica diferencial, depen-



dendo se este gene foi herdado de um gameta feminino ou masculino.

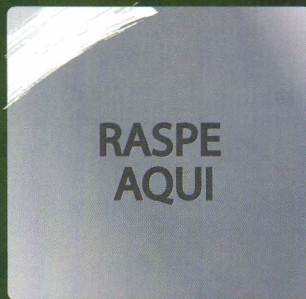
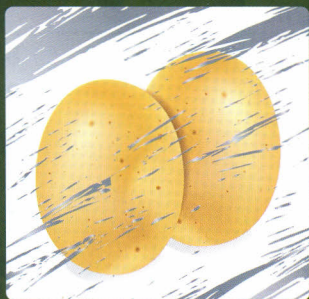
Já a herança meiótica corresponde à memória “transgeracional”, ou seja, alguns locos são convertidos a condições epigenéticas estáveis, as quais são transmitidas de geração para geração na forma de epialelos herdáveis. Estes variantes epigenéticos podem exibir comportamento estável por centenas de anos, embora, ocasionalmente, ainda possam ser revertidos à condição original. Há evidências de que a variação epigenética hereditária exerce forte influência sobre a variação de características quantitativas. É bastante provável que uma parte dos locos de características quantitativas (QTLs - Quantitative Trait Loci) que vêm sendo utilizados pelos programas de melhoramento genético são produtos de variações epigenéticas ao invés de variações genéticas. Um maior entendimento dos princípios que governam a variação epigenética será fundamental para inferir em como integrar a epigenética e o melhoramento de plantas.

Mais recentemente, um tópico que vem ganhando espaço, mas ainda é bastante controverso, são as mudanças transgeracionais na me-

mória epigenética induzida pelo ambiente. Há evidências de que estímulos ambientais como temperatura, luminosidade, hipóxia, seca, estresse salino e respostas a patógenos, estão ligadas a mudanças no estado epigenético, modificações na cromatina, ou metilação do DNA. Porém, a ausência na definição de mecanismos moleculares que poderiam explicar tal fenômeno, de como as condições ambientais percebidas pelas células somáticas podem promover variação fenotípica herdável ainda é uma questão intrigante.

Em teoria, a epigenética pode resultar em um mecanismo de rápida adaptação ao ambiente. Alterações epigenéticas induzidas pela condição ambiental podem revelar uma variabilidade genética até então oculta. É corrente o pensamento que quando, em certas situações, a genética fica aquém em explicar o comportamento de determinado genótipo, a epigenética surge com o potencial de explicar questões até então não esclarecidas. Embora informações a respeito dos mecanismos epigenéticos venham crescendo rapidamente nos últimos anos, colaborando para o entendimento de vários processos biológicos, desvendar estes mistérios ainda é um grande desafio.

## COLHEITA DE SUCESSO ? PARA VOCÊ É SORTE ?



Agricultura não é jogo de azar e a Alltech Crop Science tem as soluções para a produtividade, padronização, sanidade e qualidade da sua batata.